

**Пример оформления титульного листа бакалаврской работы**  
**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Инженерная школа энергетики  
Отделение Электроэнергетики и электротехники  
Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника  
Профиль Электроэнергетические системы и сети

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Реконструкция подстанции 110 кВ Брусничная АО Кузнецкие ферросплавы Антоновского рудоправления</b>

УДК 621.311.4-048.35.001.6(571.17)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5А3Г2	Градковский Максим Игоревич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Носов Геннадий Васильевич	К.Т.Н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Калмыкова Екатерина Юрьевна	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Амелькович Юлия Александровна	К.Т.Н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника	Шестакова В.В.	К.Т.Н., доцент		

Томск – 2018 г.

## Планируемые результаты обучения по ООП

Код результата	Результат обучения	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Применять соответствующие гуманитарные, социально-экономические, математические, естественно-научные и инженерные знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа устройств релейной защиты и противоаварийной автоматики.	Требования ФГОС (ПК-2, ПК-3, ОК-14), <i>CDIOSyllabus</i> (1.1), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	Уметь формулировать задачи в области <i>релейной защиты и автоматики</i> , анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.	Требования ФГОС (ОК-1, ПК-3, ПК-6, ПК-7), <i>CDIOSyllabus</i> (2.1), Критерий 5 АИОР (п. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P4	Уметь проектировать <i>противоаварийную автоматику, релейную защиту</i> .	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-8, ПК-9–14), <i>CDIOSyllabus</i> (4.4), Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	Уметь планировать и проводить необходимые экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния релейной защиты и противоаварийной автоматики, интерпретировать данные и делать выводы.	Требования ФГОС (ПК-6, ПК-38–44, ПК-51), <i>CDIOSyllabus</i> (2.2), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P5	Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области релейной защиты и противоаварийной автоматики.	Требования ФГОС (ПК-14, ПК-16, ПК-20–21, ПК-37), <i>CDIOSyllabus</i> (4.5), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P6	Иметь практические знания принципов и технологий релейной защиты и противоаварийной автоматики отраслей, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности профиля подготовки на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях.	Требования ФГОС (ПК-18, ПК-23–28, ПК-30, ПК-37, ПК-45, ПК-46–51), <i>CDIOSyllabus</i> (4.6), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<i>Универсальные компетенции</i>		
P7	Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области <i>электроэнергетики</i> .	Требования ФГОС (ОК-4, ОК-10, ОК-14, ПК-14, ПК-20, ПК-28, ПК-29, ПК-31), <i>CDIOSyllabus</i> (4.3, 4.7, 4.8), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P8	Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для	Требования ФГОС (ОК-2, ОК-11, ОК-12, ОК-15, ПК-1, ПК-

Код результата	Результат обучения	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
	коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в областях <i>электроэнергетики</i> .	10, ПК-19, ПК-26), <i>CDIOSyllabus</i> (3.2, 4.7), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, в области <i>электроэнергетики</i> .	Требования ФГОС (ОК-3, ОК-7, ПК-32, ПК-34), <i>CDIOSyllabus</i> (3.1), Критерий 5 АИОР (п. 2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P10	Проявлять личную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-4, ОК-7, ОК-9, ПК-4, ПК-35), <i>CDIOSyllabus</i> (2,5), Критерий 5 АИОР (п. 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P11	Осуществлять комплексную инженерную деятельность в области <i>электроэнергетики</i> с учетом правовых и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.	Требования ФГОС (ОК-8, ОК-9, ПК-5, ПК-21, ПК-22, ПК-36), <i>CDIOSyllabus</i> (4.1), Критерий 5 АИОР (п. 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P12	Быть заинтересованным в непрерывном обучении и совершенствовании своих знаний и качеств в области <i>электроэнергетики</i> .	Требования ФГОС (ОК-5, ОК-6, ОК-10, ОК-13, ОК-16, ПК-31, ПК-33), <i>CDIOSyllabus</i> (2.6), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа энергетики

Отделение Электроэнергетики и электротехники

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль Электроэнергетические системы и сети

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП 13.03.02

\_\_\_\_\_ Шестакова В.В.

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы
---------------------

Студенту:

Группа	ФИО
3-5А3Г2	Градковский Максим Игоревич

Тема работы:

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2018
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b> (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. Д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. Д.).</p>	<p>Объектом проектирования является и ПС 110/35/6 кВ "Брусничная".</p> <p>Исходными данными к работе являлись:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-значение мощностей нагрузок;</li> <li>-характер нагрузки;</li> <li>-категория надежности электроснабжения;</li> <li>-место расположения ПС.</li> </ul>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</p>	<p>Проектирование ПС 110/35/6 кВ "Брусничная". Выбор оборудования подстанции: силовые трансформаторы, высоковольтное оборудование. Составление схемы затрат и расчет срока окупаемости проекта. Социальная ответственность.</p>
<p><b>Перечень графического материала</b> (с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<p>Однолинейная схема ПС 110/35/6 кВ "Брусничная"</p>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> (с указанием разделов)</p>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Социальная ответственность	Амелькович Юлия Александровна
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Калмыкова Екатерина Юрьевна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
--	--

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Носов Геннадий Васильевич	К.Т.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5А3Г2	Градковский Максим Игоревич		

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа энергетики

Отделение Электроэнергетики и электротехники

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль Электроэнергетические системы и сети

Период выполнения (осенний / весенний семестр 2017/2018 учебного года)

Форма представления работы:

бакалаврская работа

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН  
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	Расчет токов короткого замыкания	20
	Выбор аппаратов со стороны 110 кВ	20
	Проектирование ВЛ на ПС 35кВ.	20
	Выбор аппаратов со стороны 6 кВ	20
	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	10
	Социальная ответственность	10
		100

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Носов Геннадий Васильевич	К.Т.Н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника	Шестакова В.В.	к.т.н., доцент		

## РЕФЕРАТ

**Дипломная работа содержит 73 страниц, 3 рисунка, 22 таблицы ,1 приложение.**

В дипломной работе представлен проект реконструкции подстанции «Брусничная» 110/35/6кВ.

Цель дипломной работы – реконструкция подстанции с целью улучшения её функционирования и надежности электроснабжения.

В дипломном проекте определяется расчетная нагрузка участка, решается вопрос о замене устаревших масляных выключателей на более надежные и современные элегазовые и вакуумные, а также замене силовых трансформаторов на более мощные.

Дипломная работа выполнена в текстовом редакторе MicrosoftOfficeWord 2003, MicrosoftOfficeExcel 2003, AutoCAD 2005.

## Содержание

Введение	10
1. Общие сведения о предприятии АО «Кузнецкие ферросплавы» филиал «Антоновское рудоуправление	12
1.1 Описание схемы ПС-110/35/6 кВ «Брусничная»	13
1.2 Расчет токов короткого замыкания	15
1.3 Выбор и проверка электрических аппаратов, изоляторов и токоведущих частей подстанции	19
1.3.1 Выбор аппаратов со стороны 110 кВ	19
1.3.2 Проектирование ВЛ на ПС 35кВ.	22
1.3.3 Выбор аппаратов со стороны 6 кВ	25
2. Производственная и экологическая безопасность	32
2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов	32
2.1.1 Анализ опасных производственных факторов	33
2.1.2 Анализ вредных производственных факторов	35
2.2 Техника безопасности	36
2.2.1 Обеспечение безопасности при работе с электроустановками и меры защиты от поражения электрическим током	36
2.2.2 Обеспечение безопасности при выполнении работ на высоте	39
2.2.3 Обеспечение безопасности в условиях вероятности получения механической травмы	40
2.2.4 Расчет заземляющих устройств для ПС «Брусничная»	41
2.2.5 Производственная санитария	44
2.2.6 Пожарная безопасность	50
2.2.7 Чрезвычайные ситуации	52
3. Экономическая часть	55
3.1 Расчет трудоемкости этапов	56
3.2 Техничко-экономические расчеты	59



3.3 Разработка смет на строительство и реконструкцию энергетических объектов	64
Заключение	70
Список используемой литературы	71
Приложение 1	

## **Введение.**

Электрическая энергия является наиболее удобным и дешевым видом энергии. Широкое распространение электрической энергии обусловлено относительной легкостью ее получения, преобразования и возможностью передачи на большие расстояния. Черная металлургия, в свою очередь, это важнейшая отрасль народного хозяйства. Ее доля в мировом энергетическом балансе огромна и является определяющей в формировании бюджета нашей страны. В связи с этим особое внимание уделяется электроснабжению предприятий действующих в данной промышленности. Электроснабжающие организации должны обеспечить бесперебойную и качественную подачу электрической энергии на предприятия данного типа. Поэтому система распределения электроэнергии должна обладать высокими техническими и экономическими показателями и базироваться на новейших достижениях. На всех этапах реализации электроэнергии необходимо использовать конкурентоспособное электротехническое оборудование, надежные экономичные аппараты. А это невозможно без совершенствования и реконструкции действующих систем электроснабжения и внедрения современных эффективных методов и устройств в эти системы. Новые экономические условия в нашей стране ставят вопрос о повышении надежности электроснабжения потребителей. Энергосистемы вынуждены заниматься вопросами качества и сертификацией своей продукции – электроэнергии. Потребители, согласно заключаемым договорам на поставку и передачу электроэнергии, имеют право на возмещение ущерба и компенсацию из-за недопоставки электроэнергии и поставки электроэнергии ненадлежащего качества.

Подстанция «Брусничная» 110/35/6кВ была построена в середине 80-х годов. Оборудование подстанции морально и физически устарело, к тому же нагрузка на эту подстанцию возросла, и силовые трансформаторы эксплуатировались на пределе мощности. Также на подстанции были установлены устаревшие масляные выключатели. В следствии этого назрела необходимость реконструкции подстанции «Брусничная» 110/35/6кВ.

Целью дипломного проекта является реконструкция подстанции с заменой устаревшего оборудования и решением следующих задач:

- обоснование реконструкции подстанции;
- выбор силовых трансформаторов;
- расчет токов короткого замыкания;
- выбор коммутационной аппаратуры;
- выбор комплектных распределительных устройств;
- выбор трансформаторов тока и напряжения;
- выбор сечения токопроводов, и проверка сечения подводящей ЛЭП;
- выбор трансформаторов на собственные нужды;
- релейной защиты;
- Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение;

Социальная ответственность

## **1 Общие сведения о предприятии АО «Кузнецкие ферросплавы» Филиал «Антоновское рудоуправление»**

АНТОНОВСКОЕ РУДОУПРАВЛЕНИЕ — горное предприятие по добыче кварцитов в Кемеровской области РСФСР. Образовано (1930) на базе открытого в 1927 Антоновского месторождения кварцитов; позднее разведаны месторождения Гора Брусничная (1944-46, 1966-67), Сопка-248 (1955-59, 1967-69), Правобережное (1968). Входит в состав ПО «Сибруда». Включает карьер, дробильно-сортировочную фабрику, ремонтно-механический цех и др. Основной промышленный центр — г. Анжеро-Судженск.

Антоновский рудник в Анжеро-Судженске (ОАО «Антоновское рудоуправление») входит в состав завода «Кузнецкие ферросплавы» (Новокузнецк). 93% акций «Кузнецких ферросплавов» и 87% «Антоновского рудоуправления» контролирует «Челябинский электрометаллургический комбинат» (ЧЭМК).

## **1.1 Описание схемы ПС-110/35/6кВ «Брусничная»**

Электрооборудование распределительных устройств (РУ) всех видов и напряжений по номинальным данным должно удовлетворять условиям работы при номинальных режимах, коротких замыканиях, перенапряжениях и нормированных перегрузках.

Сторона 110 кВ. подстанции «Брусничная» имеет две системы шин соединённых между шинным выключателем и одну обходную систему с обходным выключателем. Шины 1-СШ и 2-СШ питаются по шести ЛЭП-110кВ с ПС «Ново-Анжерской» Подстанция «Брусничная» имеет одну секционированную систему шин и одну обходную систему с обходным выключателем, который имеет возможность подсоединяться к любой секции 110кВ. Секции 110кВ. соединяются меж секционным выключателем.

На ПС «Брусничная» установлено два понижающий трансформатора ТДТН-25/110/35/6кВ. мощностью 25000 кВА с автоматическим регулированием напряжения под нагрузкой. Питающий первую секцию шин 35кВ и две секции 1 и 3 через сдвоенный реактор 6 кВ. Секционируются секции 1 с 2 .3 с 4 через МСВ-6 кВ.Схема подстанции приведена в Приложении 1.

Для надежного питания потребителей 35кВ 6кВ и для возможности вывода в ремонт первого или второго трансформатора на подстанцию «Брусничная»

К секциям 6кВ присоединены: трансформаторы напряжения 6кВ типа ЗНОЛ-6, питающие цепи измерения (счетчики, вольтметр); трансформаторы собственных нужд типа ТМ-250/6/0,4кВ, которые питают цепи обогрева, освещения п\ст., подзарядные агрегаты, обдув трансформатора.

На ЛЭП-110кВ установлены МВ-110кВ типа ВМТ-110

В ЗРУ-6кВ установлены выключатели вводные ВМПЭ-10/2400 отходящие ВКЭ-10 ПЭВ

Для повышения надежности электроснабжения фабрики по обогащению кварцита и участка погрузки. Принято решение запитать ПС 35кВ «Антоновская» от ПС 110/35/6 «Брусничная». Для этого необходимо построить линию электропередач протяженностью 4273м.

На ОРУ – 110/35/6 кВ установлены разрядники типа. РВС110-М и ОПН-6(РВО-6) для защиты от коммутационных и атмосферных перенапряжений, для защиты от прямых попаданий молний.

Ошиновка ОРУ-110кВ выполнена жестким сталеалюминевым проводом АС-120/19

Ошиновка до ЗРУ-6кВ выполнена жестким сталеалюминевым проводом АСБ 6\*(3\*35).

В следствии того что подстанция «Брусничная» 110/35/6 была построена в 80-х годах и оборудование подстанции морально и физически устарело, к тому же нагрузка на эту подстанцию возросла, и силовые трансформаторы эксплуатировались на пределе мощности, назрела необходимость реконструкции этой подстанции.

На подстанции «Брусничная» установлены 2 трансформатора ТДТН 25000/110. Под реконструкцией подстанции «Брусничная» имеется ввиду замена трансформаторов на более мощные, а именно на ТДТН 40000/110, а также замена отработавших свой срок и морально устаревших высоковольтных устройств и аппаратов.

Параметры трансформатора ТДТН 40000/110

Таблица1

$S_{ном}, \text{МВА}$	$U_{вн}, \text{кВ}$	$U_{сн}, \text{кВ}$	$U_{нн}, \text{кВ}$	$U_{в-с}, \%$	$U_{в-н}, \%$	$U_{с-н}, \%$	$I_x, \%$	$\Delta P_k, \text{кВт}$	$\Delta P_x, \text{кВт}$
40	115	38,5	11	10,5	17	6	0,6	200	43

## 1.2 Расчет токов короткого замыкания

Коротким замыканием (КЗ) называют замыкания между фазами, замыкания фаз на землю (нулевой провод) в сетях с глухо – и эффективно – заземленными нейтральными, а также витковые замыкания в электрических машинах.

Короткие замыкания возникают при нарушении изоляции электрических цепей. Причины таких нарушений различны: старение и вследствие этого пробой изоляции, набросы на провода линий электропередачи, обрывы проводов с падением на землю, механические повреждения изоляции кабельных линий при земляных работах, удары молнии в линии электропередачи и др.

Чаще всего короткое замыкание проходит через переходное сопротивление, например через сопротивление электрической дуги, возникающей в месте повреждения изоляции. Иногда возникают короткие металлические замыкания без переходного сопротивления.

В трехфазных электроустановках возникают трех- и двухфазные короткие замыкания. В трехфазных сетях с глухо – и эффективно – заземленными нейтральными дополнительно могут возникнуть также одно – и двухфазные короткие замыкания на землю (замыкание двух фаз между собой с одновременным соединением их с землей).

Короткие замыкания, как правило, сопровождаются увеличением токов в поврежденных фазах до значений, превосходящих в несколько раз номинальные значения.

Протекание токов короткого замыкания приводит к увеличению потерь электроэнергии в проводниках и контактах, что вызывает их повышенный нагрев. Нагрев может ускорить старение и разрушение изоляции, вызвать сваривание и выгорание контактов, потерю механической прочности шин и проводов и т.п. Проводники и аппараты должны без повреждений переносить в течение заданного расчетного

времени нагрев токами короткого замыкания, т.е. должны быть термически стойкими.

Протекание токов короткого замыкания сопровождается также значительными электродинамическими усилиями между проводниками. Если не принять должных мер, под действием этих усилий токоведущие части и их изоляция могут быть разрушены. Токоведущие части, аппараты, и электрические машины должны быть сконструированы так, чтобы выдержать без повреждений усилия, возникающие при КЗ, т.е. должны обладать электродинамической стойкостью.

Короткие замыкания сопровождаются понижением уровня напряжения в электрической сети, особенно вблизи места повреждения.

Для обеспечения надежной работы энергосистем и предотвращение повреждений оборудования при КЗ необходимо быстро отключать поврежденный участок. К мерам, уменьшающим опасность развития аварий, относится также правильный выбор аппаратов по условиям КЗ, применение токоограничивающих устройств, выбор рациональной схемы сети и т.п.

Короткое замыкание сопровождается переходным процессом, при котором значение токов и напряжений, а также характер их изменения во времени зависят от соотношения мощностей и сопротивлений источника питания (генератор, система) и цепи, в которой произошло повреждение. С учетом этого все возможные случаи КЗ можно условно разделить на две группы, а именно: КЗ в цепях, питающихся от шин неизменного напряжения (энергосистемы); КЗ вблизи генератора ограниченной мощности.

Основные допущения, принятые при расчете токов короткого замыкания:

- 1 рассчитывается трехфазное короткое замыкание, т.к. оно симметричное, а токи максимальные;
- 2 расчетное место короткого замыкания выбирают так, чтобы ток короткого замыкания, протекающий через выбираемый аппарат, был



максимально возможным;

3 все источники, от которых может получать питание место короткого замыкания, работают параллельно и их ЭДС совпадают по фазе;

4 активным сопротивлением можно пренебречь, если оно более, чем в три раза меньше индуктивного;

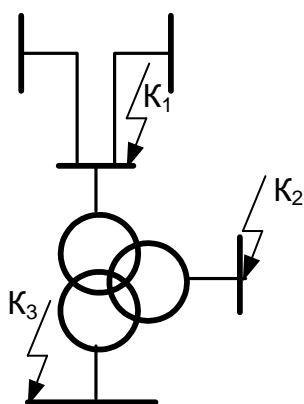
5 сопротивление короткого замыкания считают равным нулю, т.е. рассматривается металлическое короткое замыкание;

6 сопротивлением коммутационных аппаратов, источников, кабельных перемычек пренебрегают, т.к. оно мало;

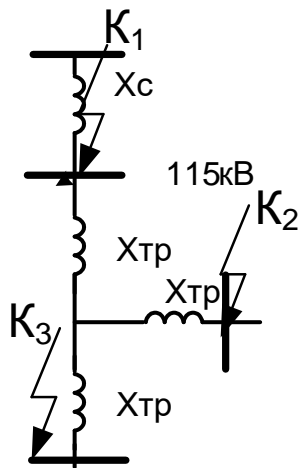
7 величина напряжения при расчете токов берется на 5% больше номинального.

Расчет токов К.З. ведем в относительных единицах. Для этого все расчетные данные приводятся к базисному напряжению и базисной мощности.

Для расчетов токов к.з. составляют расчетную схему системы электроснабжения и на её основе схему замещения. Расчетная схема представляет собой упрощенную однолинейную схему, на которой указывают все элементы системы электроснабжения и их параметры, влияющие на ток к.з. Здесь же указывают точки, в которых необходимо определить ток к.з.



Однолинейная расчетная схема сети. Рис.1



Упрощенная однолинейная схема замещения сети. Рис.2

Для расчёта токов КЗ принимаем базисные величины: Используем стандартный ряд базисных напряжений, Расчет токов к.з. приводим к базисному напряжению и базисной мощности:

$U_{б1}=115$  кВ;  $U_{б2}=36,75$ ;  $U_{б3}=10,5$  кВ;  $S_б=100$  МВА; базисные сопротивления в о.е. определяются:

1. Сопротивление системы возьмем по результатам компьютерного расчета  $X_c=0,06$  (о.е.);
2. Индуктивное сопротивление трансформатора:

$$z_{mp} = x_{mp} = \frac{1}{n_{mp}} \cdot \frac{U_{к\%}}{100} \cdot \frac{S_б}{S_{imp}} = \frac{10,5}{100} \cdot \frac{100}{40} = 0,263(о.е.)$$

Базисный ток:

$$I_{б1} = \frac{S_б}{\sqrt{3} \cdot U_{б1}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 115} = 0,5(кА);$$

$$I_{б2} = \frac{S_б}{\sqrt{3} \cdot U_{б2}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 36,75} = 1,57(кА);$$

$$I_{б3} = \frac{S_б}{\sqrt{3} \cdot U_{б3}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,5(кА);$$

Для точки К1:

Сопротивление короткого замыкания:

$$z_{\Sigma к.з.} = z_c = 0,06(о.е.);$$

Тогда действующее значение тока к.з.

$$I_k = \frac{I_{\sigma 1}}{Z_{\Sigma \kappa.3.}} = \frac{0,5}{0,06} = 8,3(\kappa A).$$

Ударный ток к.з.:

$$i_y = I_k \cdot \sqrt{2} \cdot k_y = 8,3 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,8 = 21,1(\kappa A),$$

для точки К2:

$$Z_{\Sigma \kappa.3.} = Z_{\Sigma \kappa 1} + Z_{mp} + Z_{mp} = 0,06 + 0,263 + 0,263 = 0,586(o.e.);$$

$$I_k = \frac{I_{\sigma}}{Z_{\Sigma \kappa.3.}} = \frac{1,57}{0,586} = 2,7(\kappa A);$$

$$i_y = I_k \cdot \sqrt{2} \cdot k_y = 2,7 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,8 = 6,9(\kappa A).$$

для точки К3:

$$Z_{\Sigma \kappa.3.} = Z_{\Sigma \kappa 1} + Z_{mp} + Z_{mp} = 0,06 + 0,263 + 0,263 = 0,586(o.e.);$$

$$I_k = \frac{I_{\sigma}}{Z_{\Sigma \kappa.3.}} = \frac{5,5}{0,586} = 9,4(\kappa A);$$

$$i_y = I_k \cdot \sqrt{2} \cdot k_y = 9,4 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,8 = 17,9 \kappa A,$$

Расчетные значения токов к.з. сведем в таблицу 2

Таблица 2

Расчетные точки		К1	К2	К3
Токи КЗ	$I_{\infty}, \kappa A$	8,3	2,7	9,4
	$i_y, \kappa A$	21,1	6,9	17,9

### 1.3 Выбор и проверка электрических аппаратов, изоляторов и токоведущих частей подстанции

Надежная работа электрических аппаратов и токоведущих частей может быть обеспечена лишь при их правильном выборе по условиям работы как в нормальном режиме, так и в аварийном.

#### 1.3.1 Выбор аппаратов со стороны 110 кВ

Определим рабочий ток на одной шине:

$$I_{\text{раб}} = \frac{S_p}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_H},$$

где  $S_p$  – расчетная мощность трансформатора, кВА;

$U_n$  – номинальное напряжение трансформатора, кВ.

$$I_{\text{раб}} = \frac{33709}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 110} = 88,5 \text{ А};$$

$$I_{\text{ав}} = 2 \cdot I_{\text{раб}} = 2 \cdot 88,5 = 177 \text{ А}$$

Рассчитываем сечение провода по экономической плотности тока:

$$F_{\text{эк}} = \frac{I_{\text{раб}}}{j_{\text{эк}}},$$

где  $I_{\text{раб}}$  – рабочий ток на первой шине;

$j_{\text{эк}}$  – экономическая плотность тока.

$$F_{\text{эк}} = \frac{88,5}{1} = 88,5 \text{ мм}^2.$$

Выбираем провод АС-120, т.к. в зимний период нагрузка на подстанции «Брусничная» увеличивается на 30 процентов.

Проверку провода на коронирование не производим, так как его сечение больше 70 мм<sup>2</sup>:

Проверку на термическое и электродинамическое действие токов короткого замыкания не проводим, так как  $I_{\text{кзmax}} < 20 \text{ кА}$  и  $i_y < 50 \text{ кА}$ .

Выбор изоляторов

Выбираем подвесные изоляторы ПС-70 Е.

На подстанции крепятся восемь изоляторов, в линии – семь.

Выбор ограничителей напряжения

Выбираем ограничитель типа ОПН-110У1 с  $U_n = 110 \text{ кВ}$ ,  $U_{\text{доп}} = 200 \text{ кВ}$ ,  $U_{\text{проб}} = 220 \text{ кВ}$

В нуле трансформатора выбираем

ОПН-35У1:  $U_n = 35 \text{ кВ}$ ,  $U_{\text{доп}} = 400 \text{ кВ}$ ,  $U_{\text{проб}} = 78 \text{ кВ}$ ;

ОПН-15У1:  $U_n = 15 \text{ кВ}$ ,  $U_{\text{доп}} = 19 \text{ кВ}$ ,  $U_{\text{проб}} = 38 \text{ кВ}$ .

## Выбор выключателей и разъединителей

Разъединители предназначены для включения и отключения электрических цепей напряжением выше 1000 В без нагрузки и для создания в них видимого разрыва.

Выбираем РНДЗ-110/1000 У1 с приводом ПР110-У1

Выбираем выключатель ВВК – 110Б – 25

Результаты выбора и проверки сведены в таблицу 3

Таблица 3

Расчетные данные	Каталожные данные	
	ВВК – 110Б – 25	РНДЗ – 110/1000 У1
$U_{уст} = 110 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 110 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 110 \text{ кВ}$
а) $I_{ном} = 88,5 \text{ А}$ б) $I_{раб.мах} = 177 \text{ А}$	$I_{ном} = 1000 \text{ А}$	$I_{ном} = 1000 \text{ А}$
По отключающей способности $I_{п0} = 8,3 \text{ кА}$	$I_{откл.ном} = 25 \text{ кА}$	Не проверяется
По электродинамической прочности а) $i_y = 21,1 \text{ кА}$	а) $i_{дин} = 64 \text{ кА}$	а) $i_{дин} = 80 \text{ кА}$
По термической прочности $B_{к.расч} = 206,7 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}$	$I_T^2 \cdot t_T = 25^2 \cdot 3 = 1875 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}$	$I_T^2 \cdot t_T = 31,5^2 \cdot 3 = 2977 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}$

## Выбор заземлителей

Выбираем заземлители типа ЗОН-110 м – IУ1 с приводом ПРН-11У1

Результаты выбора и проверки сведены в таблицу 4

Таблица 4

Условия проверки	Каталожные данные	Расчетные данные
$U_{ном} \geq U_c$	110 кВ	110 кВ
$I_{ном} \geq I_{рмах}$	400 А	88,5 А
$i_{дин} \geq i_{уд}$	32 кА	21,1 кА
$I_T^2 t_T \geq I_{кз\text{ max}}^2 t_\phi$	$8^2 \cdot 10 = 640 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$206,7 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

### Выбор трансформатора тока

Выбираем встроенный трансформатор тока ТВТ – 110 для питания цепей релейной защиты и автоматики. Выбранный коэффициент трансформации трансформатора тока 100-300/5.  $I_n = 200\text{A}$ .

#### 1.3.2 Проектирование ВЛ на ПС 35кВ.

В процессе проектирования, сооружения и эксплуатации сетей электрических систем приходится решать задачи связанные с конструктивным исполнением воздушных линий электропередачи. От выбора конструкций воздушных линий зависят технико-экономические показатели и надежность работы смежных инженерных сооружений к примеру, таких как, линии связи, транспортные магистрали и т.п.

При проектировании конструктивной части воздушных линий электропередачи необходимо:

- выбрать материал и конструкцию проводов;
- определить расчетную длину промежуточных пролетов линии;
- рассчитать механические нагрузки и силы, действующие на провода, тросы и опоры;
- определить механическое напряжение проводов и тросов в различных режимах работы и при всех возможных изменениях климатических влияний и условий;
- рассчитать наибольшую стрелу провеса проводов и тросов;
- выбрать материал и тип конструкции опор;
- рассчитать расстановку промежуточных, анкерных и анкерных-угловых опор по трассе линии;
- выбрать материал и тип фундаментов опор.

Важно учесть все вышеперечисленные параметры при проектировании, поскольку воздушные линии электропередач сооружаются на открытой местности, в связи с чем подвергаются атмосферным воздействиям, которые проявляются в разной степени в зависимости от

расположения местности.

В процессе эксплуатации провода ВЛЭП подвергаются ряду опасных и нежелательных воздействий, к числу которых относятся:

- повышенные механические нагрузки, вызванные природными факторами (ветер и гололедообразование на проводах ВЛЭП);
- чрезмерный нагрев в длительном установившемся режиме и при коротких замыканиях;
- внутренние (коммутационные) и грозовые перенапряжения.

Сечения проводов выбираются в соответствии с главой 1.3 ПУЭ по методу экономической плотности тока.

Выбранные по условиям экономической целесообразности сечения не всегда достаточны для того, чтобы токоведущие элементы и изоляция линий электропередачи работали в условиях, гарантирующих их стойкость к перечисленным выше воздействиям в течение расчетного срока службы. Поэтому окончательный выбор сечения можно сделать после проверки выбранного сечения: по короне, по механической прочности, по допустимой токовой нагрузке (по нагреву).

При выборе сечения по методу экономической плотности тока необходимо вычислить расчетное сечение  $F_{РАСЧ}$ , которое затем округляем до ближайшего стандартного:

$$F_{РАСЧ} = \frac{I_{РАСЧ}}{j_{ЭК}}$$

где  $j_{ЭК}=1$  - экономическая плотность тока, а/мм<sup>2</sup>

Расчетное значение наибольшего тока линии;

$$I_{расч} = \frac{P_{max}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \phi \cdot n}$$

Для  $U_{ном} = 6$  кВ сечение выбирается по допустимой потере напряжения (5%). Допустимые потери - это потери напряжения, при которых в результате

регулирования напряжения отклонения напряжения на зажимах всех электроприемников

не выходят за пределы предусмотренных ГОСТ (п. 5.2 ГОСТ 13109-97) технически допустимых значений.

$$\Delta U = \frac{P \cdot R + Q \cdot x}{U_{НОМ}}$$

Находим расчетные данные для линии фидера Ф 6-30

$$I_{расч} = \frac{P_{max}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \phi \cdot n} = \frac{130}{\sqrt{3} \cdot 6 \cdot 0,84 \cdot 1} = 14,9 \text{ А}$$

Выбираем сечение провода, при экономической плотности тока  $j_{эк}=1 \text{ А/мм}^2$  при числе использования максимума нагрузки более 5000 часов в год.

$$F_{РАСЧ} = \frac{I_{РАСЧ}}{j_{ЭК}} = \frac{14,9}{1} = 14,9 \text{ мм}^2$$

Проверка по механической прочности. Сечение провода, выбранное по экономическому критерию должно соответствовать условию:

$$F > F_{min \text{ мех}}$$

Минимально допустимые сечения проводов по условиям механической прочности приведены в табл. 3.3

Таблица 16 – Минимально допустимые сечения проводов по условиям механической прочности

Таблица 16

Характеристика ВЛ	Сечение сталеалюминиевых проводов, мм
ВЛ без пересечений в районах по гололеду:	
До II	35/6,2
в III-IV	50/8
в V и более	70/11
ВЛ, сооружаемые на двухцепных или многоцепных опорах:	
до 20 кВ	70/11
35 кВ и выше	120/19

Принимаем ВЛ без пересечений в районах по гололеду в III-IV:



$$F_{\min \text{ мех}} = 50 \text{ мм}^2$$

Проверка сечений проводов по условиям короны выполняется для 35 кВ и выше.

Проводим проверку по допустимой потере напряжения при

$$P = 130 \text{ кВт}; \quad Q = P \cdot \operatorname{tg} \varphi = 130 \cdot 0.646 = 83.9 \text{ кВар};$$

$$R_{\text{л}} = 0.603 \text{ Ом/км}; \quad X_{\text{л}} = 0.442 \text{ Ом/км};$$

Тогда потери напряжения при протяженности линии  $l = 6.3 \text{ км}$

$$\Delta U = \frac{P \cdot R \cdot l + Q \cdot X \cdot l}{U_{\text{НОМ}}} = \frac{130 \cdot 0.603 \cdot 6.3 + 83.9 \cdot 0.442 \cdot 6.3}{6} = 121.2 \text{ В}$$

$$\text{или } \Delta U = \frac{0.1212}{6} \cdot 100\% = 2.02\%$$

Как видим превышения допустимых норм нет поэтому принимаем ВЛ АС-50/8

### 1.3.3 Выбор аппаратов со стороны 6 кВ

По результатам компьютерного расчета:

$$I_{\text{раб}} = 1186,5 \text{ А}$$

$$I_{\text{п/ав}} = 2373 \text{ А}$$

Выбор ячейки ввода

Принимаем комплектное распределительное устройство серии КРУ Данные на эту ячейку сведены в таблицу 10

Таблица 10

Наименование	Каталожные данные
Номинальное напряжение, кВ	6
Номинальный ток:	
главных цепей ячейки, А	630
сборных шин, А	1000
выключателей, кА	12,5
Оборудование:	
Трансформатор тока	ТЛК-10 30/5-1500/5

Трансформатор напряжения	НАМИТ-10-2УХЛ2
Выключатель	ВВ/Tel 12,5-20/630-1000УХЛ2
Ограничитель перенапряжений	ОПН-КР/Tel-6(10)УХЛ2
Габариты, мм	
высота	2268
глубина	1250
ширина	750

Выбор сборных шин ячейки

Проверяем шины АТ-100×10 с  $I_{\text{доп}} = 1820 \text{ А}$ .

Шины однополосные и расположены на ребро.

Механический расчет.

Наибольшая сила, действующая на шину, определяется по формуле:

$$F = i_{\text{уд}} = \frac{l}{a} \cdot \sqrt{3} \cdot 10^{-7},$$

где  $i_{\text{уд}}$  – ударный ток при трехфазном коротком замыкании;

$l$  – длина пролета между опорными изоляторами шинной конструкции, м;

$a$  – расстояние между фазами, м.

Сила  $F$  создает изгибающий момент  $M$ , Н·м:

$$M = \frac{F \cdot l}{10},$$

Напряжение в материале шин  $\sigma_{\text{расч}}$ , МПа, возникающее при воздействии изгибающего момента:

$$\sigma_{\text{расч}} = \frac{F \cdot l}{10 \cdot W} = \sqrt{3} \cdot 10^{-8} \cdot i_{\text{уд}}^2 \frac{l^2}{a \cdot W},$$

где  $W$  – момент сопротивления шины относительно оси, перпендикулярной действию силы, см<sup>3</sup>

$$\sigma_{\text{расч}} = \sqrt{3} \cdot 10^{-8} \cdot 1012,8^2 \frac{1,2^2}{0,8 \cdot 0,64 \cdot 10^{-6}} = 4,99 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{\text{расч}} \leq \sigma_{\text{доп}}, \quad \sigma_{\text{доп}} = 40 \text{ МПа}$$

Таким образом, при проверке шин на изгиб, определяем, что выбранные

шины АТ-100×10 по данному критерию проходят.

На термическое действие тока короткого замыкания проверку не проводим, так как величина тока короткого замыкания меньше 20 кА.

#### Выбор изоляторов

Изоляторы выбираются по роду установки, по величине номинального напряжения, по механической прочности.

1 Опорные изоляторы для наружной установки.

Выбираем изоляторы типа ИОС-10-500 УХЛ Т1  $F = 5 \text{ кН}$

$$F_{\text{доп}} = F_{\text{разр}} \cdot 0,6 = 500 \cdot 0,6 = 300 \text{ кГс}$$

$$F_{\text{расч}} = 1,76 \cdot i_{\text{уд}}^2 \cdot 10^{-2} = 1,76 \cdot 1,012^2 \cdot 10^{-2} = 1,19 \cdot 10^{-2} \text{ кГс}$$

$$F_{\text{расч}} < F_{\text{доп}}$$

2 Опорные изоляторы для внутренней установки.

Выбираем изоляторы типа ИОР-10-30,00 УХЛ Т2

$$F_{\text{min}} = 30 \text{ кН}$$

$$F_{\text{доп}} = F_{\text{разр}} \cdot 0,6 = 30 \cdot 0,6 = 18 \text{ кГс}$$

$$F_{\text{расч}} = 1,2 \cdot 10^{-2} \text{ кГс}$$

$$F_{\text{расч}} < F_{\text{доп}}$$

3 Проходные изоляторы внутренней установки

Выбираем изоляторы типа ИП-10/1600-12,5 УХЛ 1

$$F_{\text{доп}} = 12,5 \cdot 0,6 = 7,5 \text{ кГс}$$

$$F_{\text{расч}} = 1,2 \cdot 10^{-2} \text{ кГс}$$

$$F_{\text{расч}} < F_{\text{доп}}$$

4 Проходные изоляторы наружной установки

Выбираем изоляторы типа ИПН-10/1600-750

$$F_{\text{доп}} = 750 \cdot 0,6 = 450 \text{ кГс}$$

$$F_{\text{расч}} = 1,2 \cdot 10^{-2} \text{ кГс}$$

$$F_{\text{расч}} < F_{\text{доп}}$$

Выбор трансформаторов тока

Выбираем ТЛК-10-1000/5. Результаты выбора и проверки сведены в таблицу 11

Таблица 11

Условия проверки	Каталожные данные	Расчетные данные
$U_{\text{ном}} \geq U_{\text{с}}$	10 кВ	10 кВ
$I_{\text{ном}} \geq I_{\text{рmax}}$	1000 А	296,6 А
$i_{\text{дин}} \geq i_{\text{уд}}$	20 кА	17,9 кА
$I_{\text{т}}^2 t_{\text{т}} \geq I_{\text{кз max}}^2 t_{\text{ф}}$	$20^2 \cdot 3 = 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$9,4^2 \cdot 0,9 = 79,5 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Нагрузка от измерительных приборов по фазам приведена в таблице 12

Таблица 12

Наименование прибора	Тип прибора	Нагрузка фаз		
		А	В	С
Амперметр	Н – 377	0,1		-
Счетчик Р	САЗ-И 673	2,5		2,5
Счетчик Q	СРЧ-И 676	2,5		2,5
Итого		5,1		5,0

Наиболее загруженной является фаза А.

$$Z_{\text{прибА}} = 5,1 / 5^2 = 0,204 \text{ Ом}$$

Сопротивление соединительных проводов из алюминия  $S=4 \text{ мм}^2$  длиной  $l=5 \text{ м}$  и удельным сопротивлением  $\rho = 0,0283 \text{ Ом/м}\cdot\text{мм}^2$  составит:

$$r_{\text{пров}} = \frac{\rho \cdot l_{\text{расч}}}{S} = \frac{0,0283 \cdot 5 \cdot \sqrt{3}}{4} = 0,061 \text{ Ом}$$

Сопротивление контактов равно  $r_{\text{конт}} = 0,05 \text{ Ом}$

Полное сопротивление вторичной цепи:

$$Z_2 = r_{\text{приб}} + r_{\text{пров}} + r_{\text{конт}} = 0,204 + 0,061 + 0,05 = 0,315 \text{ Ом}$$

Номинальная нагрузка трансформатора составляет  $S_{2н} = 10 \text{ ВА}$  ( $Z_{2н} = 0,4 \text{ Ом}$ )

$$Z_{2н} > Z_2$$

$$0,4 > 0,315$$

Следовательно, выбранный трансформатор тока проходит по всем параметрам.

Выбор трансформатора напряжения

Выбираем трансформатор напряжения ТВЛМ

Данные по расчету и выбору сведены в таблицу 13.

Таблица 13

Прибор	Место установки	Тип	Мощность одной обмотки, Вт	Число обмоток	cosφ	sinφ	Число проборов	Общая потребляемая мощность	
								Р, Вт	Q, ВАр
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Вольтметр	сборные шины	Э335	2	1	1	0	1	2	0
Счетчик Р	Ввод 10кВ от трансформатора	И-674	3	2	0,38	0,925	1	6	14,5
Счетчик Q		И-673	3	2	0,38	0,925	1	6	14,5
Счетчик Р	Отходящие линии	И-674	3	2	0,38	0,925	4	24	58,4
Счетчик Р	ТСН	И-674	3	2	0,38	0,925	1	6	14,5
Итого								44	101,9

Расчетная мощность приборов, установленных на второй секции шин:

$$S_{2\text{расч}} = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{44^2 + 101,9^2} = 110 \text{ ВА}$$

Выбор ограничителей перенапряжений

Выбираем ограничитель перенапряжений типа ОПН-КР/Tel-10УХЛ2

Выбор выключателей

Результаты выбора и проверки выключателя ВВ/Tel 12,5-20/630-1000УХЛ2

сведены в таблицу 14.

Таблица 14

Условия проверки	Каталожные данные	Расчетные данные
$U_{\text{ном}} \geq U_c$	6 кВ	6 кВ
$I_{\text{ном}} \geq I_{\text{рmax}}$	400 А	296,6 А
$i_{\text{дин}} \geq i_{\text{уд}}$	20 кА	17,9 кА
$I_{\text{T}}^2 t_{\text{T}} \geq I_{\text{кз max}}^2 t_{\text{ф}}$	$20^2 \cdot 3 = 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$9,4^2 \cdot 1,5 = 132,5 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Выбранное высоковольтное оборудование занесем в таблицы 15, 16, 17.

Таблица 15. Оборудование 110 кВ.

Оборудование	Оборудование ПС после реконструкции	Оборудование ПС до реконструкции
Выключатели	ВМТ – 110В – 25	МКП-110/1000
Разъединители	РНДЗ – 110/1000 У1	РНДЗ – 110/1000 У1
Заземлители	ЗОН-110 м – У1	ЗОН-110 м – У1
Ограничители перенапряжения	ОПН-110У1	ОПН-110У1
Трансформаторы тока	ТВТ – 110	ТФЗМ110Б-II
Шинный мост	АС-120	АС-90
Изоляторы	ПС-70 Е	ПС-70 Е

Таблица 17. Оборудование 6 кВ

Оборудование	Оборудование ПС после реконструкции	Оборудование ПС до реконструкции
Выключатели	ВМПЭ	ВМПЭ-10
Ограничитель перенапряжения	ОПН-КР/Tel-10УХЛ2	ОПН-П1-10П УХЛ1
Трансформатор тока	ТОЛ-10-1600/5	ТПШЛ-10
Трансформатор напряжения	ЗНОЛ-6	НТМК-10

## **2 Производственная и экологическая безопасность**

### **Введение**

Целью данного раздела является анализ вредных и опасных факторов, влияющих на работу электротехнического персонала обслуживающего РУ ПС 110 кВ и мер защиты от них.

В разделе также рассматриваются вопросы техники безопасности, охраны окружающей среды и пожарной безопасности. Кроме того, в подразделе чрезвычайные ситуации рассмотрена конкретная ЧС (удар молнии) и произведен расчет заземляющих устройств ПС 110/35/6 «Брусничная».

Охрана труда является одним из важнейших социально-экономических, санитарно-гигиенических и экологических мероприятий, направленных на обеспечение условий труда.

Так, в соответствии со ст. 1 Федерального закона от 17 июля 1999 г. №181-ФЗ «Об основах охраны труда в Российской Федерации» под охраной труда понимается система сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая в себя правовые, социально-экономические, реабилитационные и иные мероприятия.

Приведенное общее понятие охраны труда позволяет судить о ней как о многоуровневой системе мероприятий по созданию здоровых и безопасных условий трудовой деятельности, осуществляемых государственными органами, органами местного самоуправления, работодателями и самими работниками.



## 2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

### 2.1.1 Анализ опасных производственных факторов

При организации условий труда необходимо учитывать воздействие на работников опасных производственных факторов.

Опасным производственным фактором называется такой производственный фактор, воздействие которого на человека, работающего в определенных условиях, приводит к травме или к другому внезапному ухудшению здоровья.

В процессе обслуживания РУ подстанций электромонтер подвергается следующим опасным факторам:

1) Поражение электрическим током. В процессе профилактических и наладочных работ на подстанции электромонтер подвергается опасности поражения электрическим током, результатом которого могут стать электротравма, ожог или смерть.

Среди основных причин, приводящих к поражению электрическим током, следует выделить следующие:

- случайное прикосновение или приближение на опасное расстояние к токоведущим частям, находящимся под напряжением;
- появление напряжения на механических конструктивных частях электрооборудования (корпусе, кожухе и т.п.) в результате повреждения изоляции, коротких замыканий и других причин;
- появление напряжения на отключенных частях, на которых производится какая-либо работа (наладка, ремонт и т.д.) из-за ошибочного включения установки;
- возникновение шагового напряжения на поверхности земли в результате замыкания на землю.

В силу того, что возможность поражения электрическим током является наиболее опасным из производственных факторов при работе на подстанции, то методам и способам защиты от него уделяется особое внимание.

2) Падение с высоты. В процессе профилактических и наладочных работ,

проводимых на подстанции, электромонтер подвергается опасности падения с высоты, результатом которого могут стать травма или смерть.

В соответствии с ПОТ Р М-012-2000, к работам на высоте относятся работы, при выполнении которых работник находится на расстоянии менее 2 м от неогражденных перепадов по высоте 1,3 м и более.

Основным опасным производственным фактором при работе на высоте является расположение рабочего места на значительной высоте относительно поверхности земли (пола) и связанное с этим возможное падение работника или падение предметов на работника.

Из всех причин, падения работников с высоты, следует выделить основные:

- а) технические - отсутствие ограждений, предохранительных поясов, недостаточная прочность и устойчивость лесов, настилов, люлек, лестниц;
- б) технологические - недостатки в проектах производства работ, неправильная технология ведения работ;
- в) психологические — потеря самообладания, нарушение координации движений, неосторожные действия, небрежное выполнение своей работы;
- г) метеорологические - сильный ветер, низкая и высокая температуры воздуха, дождь, снег, туман, гололед.

Из числа всех работ, проводимых электромонтером на подстанции, около 30% составляют работы на высоте.

Так, при ремонте вводов трансформатора, высоковольтного выключателя, а также при работе на опорах ВЛ подходящих к подстанции, рабочая зона электромонтера будет находиться на высоте от 1,5 до 4 м, в зависимости от типа электрооборудования или опор.

3) Механические травмы, полученные в результате наличия острых кромок, заусенцев и шероховатостей на поверхности оборудования и инструмента.

В процессе производства работ на подстанции электротехнический персонал подвержен опасности получить механическую травму, из-за наличия острых кромок, заусенцев и шероховатостей на поверхности оборудования и инструмента. Так, в процессе профилактических и наладочных работ гибкой ошиновки ОРУ, проводов

воздушных линий и т.д. существует опасность получения механической травмы, из-за наличия на проводах заусенцев, острых кромок на траверсах опор открытых распределительных устройств. Кроме того, большая часть электрооборудования установленного на подстанции имеет острые кромки, что также создает опасность получения механической травмы.

### 2.1.2 Анализ вредных производственных факторов

Вредным производственным фактором называется такой производственный фактор, воздействие которого на работника в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению трудоспособности.

В процессе обслуживания РУ подстанций электромонтер подвергается следующим вредным производственным факторам:

1) Повышенная напряженность электрического поля. В процессе профилактических и наладочных работ на подстанции электротехнический персонал подвергается воздействию электрического поля, что может неблагоприятно сказаться на состоянии здоровья. Длительное воздействие электрического поля на организм человека может вызвать нарушение функционального состояния нервной и сердечно-сосудистой систем. Это выражается в повышенной утомляемости, снижении качества выполнения рабочих операций, болях в области сердца, изменении кровяного давления и пульса.

Источником электрических полей на подстанции являются токоведущие части действующих электроустановок, находящиеся под напряжением (линии электропередач, трансформаторы, сборные системы шин и др.).

Различают следующие виды воздействия электрического поля на человека:

- непосредственное (прямое) воздействие, проявляющиеся при пребывании в электрическом поле. Эффект этого воздействия усиливается с увеличением напряженности поля и времени пребывания в нем.
- косвенное воздействие электрических разрядов (импульсного тока), возникающих при прикосновении человека к изолированным от земли конструкциям, корпусам машин и механизмов или при прикосновении человека, изолированного от земли, к заземленным конструкциям.

Кроме того, электрическое поле может стать причиной воспламенения или взрыва паров горючих материалов и смесей в результате возникновения электрических разрядов при прикосновении предметов и людей с машинами и механизмами.

2) Повышенная и пониженная температура воздуха рабочей зоны. Так как, РУ подстанций открытого типа, т.е. расположены на открытом воздухе, следовательно работы проводимые электротехническим персоналом осуществляются вне помещений.

## 2.2 Техника безопасности

2.2.1 Обеспечение безопасности при работе с электроустановками и меры защиты от поражения электрическим током

Всю совокупность мер и способов защиты от поражения электрическим током можно разделить на организационные и технические.

К организационным мерам защиты от поражения электрическим током относят:

- назначение лиц, ответственных за организацию и безопасность производства работ;
- обучение персонала правилам производства работ и эксплуатации электротехнического оборудования;
- оформление наряда или распоряжения на производство работ;
- проведение инструктажей перед началом работ с электроустановками;
- организация надзора за проведением работ;
- установление рациональных режимов труда и отдыха;
- применение средств индивидуальной защиты, предупреждающих плакатов и знаков безопасности в соответствии с требованиями ГОСТ 12.4.026-76;
- изолирование и ограждение токоведущих частей электрооборудования ( ПОТ РМ-016-2001 РД 153-34.0-03.150-00).

В соответствии с требованиями ГОСТ 12.0.004 — 90, целью проведения инструктажа является сообщение работникам знаний, необходимых для пра-

вильного и безопасного выполнения ими своих профессиональных обязанностей, а также формирование у работников убеждения в объективной и абсолютной необходимости выполнения правил и норм безопасной жизнедеятельности в производственной среде.

Различают следующие виды инструктажа:

- вводный инструктаж;
- первичный инструктаж;
- периодический (повторный).

Одним из важнейших организационных мер защиты от поражения электрическим током является применение средств индивидуальной защиты. Они предназначены для защиты тела, органов дыхания, зрения, слуха, головы, лица и рук от травм и воздействия неблагоприятных производственных факторов.

Индивидуальные основные изолирующие электрозащитные средства способны длительно выдерживать рабочее напряжение электроустановки, поэтому ими разрешается касаться токоведущих частей находящихся под напряжением до 1000 В - это диэлектрические перчатки, инструменты с изолированными рукоятками, указатели напряжения.

Индивидуальные дополнительные электрозащитные средства обладают недостаточной электрической прочностью и не могут самостоятельно защитить человека от поражения током. Их назначение - усилить защитное действие основных изолирующих средств, с которыми они должны применяться. Это диэлектрические галоши и ковры, переносные заземления, изолирующие подставки и накладки, оградительные устройства, плакаты и знаки безопасности. Применение предупреждающих плакатов и знаков безопасности. При работах в электроустановках существует опасность потери ориентировки работающими; для предотвращения этого следует предварительно обозначить специальными знаками (предупредительными плакатами) места, где могут производиться работы, и соседних участков установки, прикосновение и приближение к которым опасно.

К техническим мерам защиты от поражения электрическим током относят:

- электрическое разделение сети;
- компенсация токов замыкания на землю;
- выравнивание потенциала;
- применение защитного заземления, зануления; контроль и профилактика изоляции;
- защитное отключение.

Защитное заземление - преднамеренное электрическое соединение с землей или её эквивалентом механических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением (ГОСТ 12.1.030 - 81). Цель защитного заземления - устранение опасности поражения людей электрическим током при появлении напряжения на конструктивных частях электрооборудования.

Контроль изоляции - это измерение ее активного сопротивления с целью обнаружения дефектов и предупреждения замыканий на землю и коротких замыканий.

Зануление - преднамеренное электрическое соединение с нулевым защитным проводником металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением. Нулевой защитный проводник - это проводник, соединяющий зануляемые части с глухозаземлённой нейтральной точкой обмотки источника тока или её эквивалентом (ГОСТ 12.1.009-76).

Защитное отключение - быстродействующая защита, обеспечивающая автоматическое отключение электроустановки при возникновении в ней опасности поражения электрическим током. Устройства защитного отключения должны обеспечивать отключение неисправной электроустановки за время не более 0,2 с. (ГОСТ 12.1.019-79\*).

Все операции производятся по инструкциям и правилам, изложенным в следующих документах: "Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей", "Межотраслевые правила по охране труда при эксплуатации электроустановок ПОТ РМ-016-2001 РД 153-34.0-03.150-00" "Строительные нормы и правила СНиП III-A-II-70", "Правила техники безопасности при

электромонтажных и наладочных работах (ПТБЭМ)".

Таким образом, применение как организационных, так и технических мероприятий позволяют минимизировать возможность поражения электрическим током при проведении работ на подстанции.

#### 2.2.2 Обеспечение безопасности при выполнении работ на высоте

В целях предотвращения несчастных случаев при работах производимых на высоте межотраслевые правила по охране труда (ПОТ Р М-012-2000) регламентируют ряд организационных и технических мероприятий.

К организационным мероприятиям относят:

- обучение персонала правилам производства работ на высоте;
- проведение периодических медицинских осмотров;
- проведение инструктажей, в том числе и непосредственно перед началом работ;

- применение средств индивидуальной защиты, предупреждающих плакатов и знаков безопасности в соответствии с требованиями ГОСТ 12.4.026-76;

- установка ограждений и обозначение, в установленном ПОТ Р М-012-2000 порядке, границ опасных зон.

- К средствам индивидуальной защиты от падения с высоты относятся:

- а) предохранительные пояса, соответствующие требованиям ГОСТ Р 50849 - 96, ГОСТ 12.4.184 - 95;

- б) предохранительные полуавтоматические верхолазные устройства типа ПВУ-2;

- в) канаты страховочные, соответствующие требованиям ГОСТ 12.4.107-82;

- г) каски строительные, соответствующие требованиям ГОСТ 12.4.087-84.

Средства индивидуальной защиты от падения с высоты как отечественные, так и приобретенные за рубежом, должны иметь сертификаты качества.

К техническим мероприятиям относят:

- применение защитного заземления, при работе на высоте с электрооборудованием;

- защитное отключение;

- использование технологической оснастки, испытанных лестниц, специальных лесов и подмостей.

### 2.2.3 Обеспечение безопасности в условиях вероятности получения механической травмы

К опасностям, механически воздействующим на организм человека, относятся разрушающиеся конструкции; острые кромки, заусеницы и шероховатость на поверхности оборудования и инструмента и др. В зависимости от возможности предохранения человека в условиях взаимодействия его с потенциально опасными техническими объектами согласно ГОСТ 12.2.003-91 «Оборудование производственное. Общие требования безопасности» применяются два основных метода защиты персонала от механических опасностей: обеспечение недоступности к опасно действующим частям оборудования и применения приспособлений, непосредственно защищающих человека от опасного производственного фактора.

Первый метод состоит в пространственном или временном разделении рабочей зоны и опасной зоны. Кроме того, к данному методу относится все, что связано с конструктивными особенностями как самого оборудования, так и устройств, ограждающих и блокирующих опасные зоны (ГОСТ 12.2.003-91). Недоступность может быть обеспечена размещением опасных объектов на недостижимой высоте, а также под прикрытием или в трубах.

Ко второму методу относятся приспособления, с помощью которых обеспечивается безопасность взаимодействия с опасными частями оборудования, в том числе и дистанционное управление, а также устройства автоматически прекращающие работу агрегата или подачу энергии в систему и т.д. К средствам достижения безопасности относятся средства коллективной (ГОСТ 12.1029-80) и индивидуальной (ГОСТ 12.4051-87) защиты.



#### 2.2.4 Расчёт заземляющих устройств для ПС «Брусничная»

Наибольший ток через заземление при замыканиях на землю – 3613А на стороне 110кВ и 11187 на стороне 6кВ.

Схем заземления подстанции «Брусничная» приведена в приложении Ж.

Грунт в месте сооружения подстанции – суглинок. Согласно ПУЭ, заземляющие устройства электроустановок выше 1кВ сети с заземлённой нейтралью выполняется с учётом сопротивления  $R_z \leq 0,50\Omega$  или допустимого напряжения прикосновения.

Расчёт по допустимому сопротивлению приводит к неоправданному перерасходу проводникового материала и трудозатрат при сооружении ЗУ для ПС небольшой площади, не имеющих естественных заземлителей.

Заземляющие устройства для установок 110кВ и выше выполняются из вертикальных заземлителей, соединительных полос, полос, проложенных вдоль рядов оборудования, и выравнивающих полос, проложенных в поперечном направлении и создающих заземляющую сетку с переменным шагом.

Время действия релейной защиты:  $t_{p.z.} = 0,12c$  ;

Напряжение прикосновения:  $U_{np} = 400B$  ;

Коэффициент прикосновения:

$$K_n = \frac{M \times \beta}{\left( \frac{l_g \times L_z}{a\sqrt{S}} \right)^{0,45}}$$

где  $l_g$  - длина вертикального заземлителя (5м), м;

$L_z$  - длина горизонтальных заземлителей (525м по плану), м;

$a$  – расстояние между вертикальными заземлителями (5м), м;

$S$  - площадь заземляющего устройства ( $S=60 \times 70$ ), м<sup>2</sup>;

$M$  - параметр, зависящий от сопротивления верхнего и нижнего слоя земли ( $\rho_1$  и  $\rho_2$  соответственно для  $\rho_1 = 450\Omega \cdot m$  и  $\rho_2 = 180\Omega \cdot m$ ,  $M = 0,69$

$\beta$  - коэффициент определяемый по сопротивлению тела человека  $R_q$  и сопротивлению растекания тока от ступней  $R_c$  :

$$\beta = \frac{R_M}{R_q + R_c}$$

где  $R_q = 1000 \text{ Ом}$ ;

$$R_c = 1,5 \rho_1$$

Потенциал на заземлителе

$$U_z = \frac{U_{np.дон.}}{k_n}$$

Напряжение заземляющего устройства:

$$R_{з.дон} = \frac{U_z}{I_z}$$

Сопротивление сложного заземлителя, преобразованного в расчётную модель:

$$R_z = A \frac{\rho_z}{\sqrt{S}} + \frac{\rho_z}{L_z + L_\theta}$$

где

$$A = (0,444 - 0,84 \frac{l_\theta + t}{\sqrt{S}}) \text{ при } 0 \leq \frac{l_\theta + t}{\sqrt{S}} \leq 0,1;$$

$$A = (0,385 - 0,25 \frac{l_\theta + t}{\sqrt{S}}) \text{ при } 0,1 \leq \frac{l_\theta + t}{\sqrt{S}} \leq 0,5;$$

$\rho_z$  - эквивалентное удельное сопротивление земли, Ом·м;

$L_\theta$  - общая длина вертикальных заземлителей;

$t$  - глубина залегания ( $t = 0,7 \text{ м}$ )

Согласно (7.1)

$$K_n = \frac{0,69 \times 0,6}{\left( \frac{5 \times 525}{5\sqrt{60 \times 70}} \right)^{0,45}} = 0,16$$

Напряжение на заземлителе

$$U_z = \frac{400}{0,16} = 2500 \text{ В}$$

Сопротивление заземляющего устройства

$$R_{з.дон} = \frac{2500}{3613} = 0,69 \text{ Ом}$$

План преобразуем в расчётную схему (квадратную) со стороной:

$$\sqrt{S} = \sqrt{60 \times 70} = 65,4 \text{ м}$$

Число ячеек по стороне квадрата:

$$m = \frac{L_z}{2\sqrt{S}} - 1 = \frac{525}{2\sqrt{60 \times 70}} - 1 = 3,05$$

принимаем  $m = 3$

Длина полос в расчётной модели:

$$L'_z = 2\sqrt{S}(m+1) = 2 \times 65,4 \times 4 = 523,2 \text{ м}$$

Длина стороны ячейки:

$$a = \frac{65,4}{3} = 21,8 \text{ м}$$

Число вертикальных заземлителей по периметру контура:

$$H_g = \frac{\sqrt{S} \times 4}{l_g} = \frac{65,4 \times 4}{5} = 52,3 \text{ м}$$

Общая длина вертикальных заземлителей:

$$L_g = l_g \times H_g = 5 \times 52,3 = 261,5 \text{ м}$$

Относительная глубина:

$$\frac{l_g + t}{\sqrt{S}} = \frac{5 + 0,7}{65,4} = 0,09 \leq 0,1,$$

тогда по формуле 7.6

$$A = (0,444 - 0,84 \times 0,09) = 0,37$$

для  $\rho_1 / \rho_2 = 2,5$   $a / l_g = 1$

$$\frac{h_1 - t}{l_g} = 0,02; \quad \rho_3 = 1,03$$

Общее сопротивление сложного заземлителя:

$$R_3 = 0,37 \frac{185,4}{64} + \frac{185,4}{520 + 260} = 1,3$$

Как видно  $R_3 > R_{3,доп}$

Необходимо применять меры для снижения  $U_{пр}$  путём использования подсыпки гравия в рабочих местах слоем толщиной 0,2м, тогда  $\rho = 3000 \text{ Ом} \cdot \text{м}$

$$\beta' = \frac{1000}{1000 + 1,5 \times 3000} = 0,18$$

$$k_n = \frac{0,69 \times 0,18}{\left( \frac{5 \times 525}{5 \times \sqrt{60 \times 70}} \right)^{0,45}} = 0,048$$

Подсыпка гравием не влияет на растекание тока с заземляющего устройства, так как глубина заложения заземлителей 0,7м больше толщины слоя гравия, поэтому соотношение  $\rho_1 / \rho_2$  и значение М остаются неизменными.

Напряжение на заземлителе

$$U_z = \frac{400}{0,048} = 8256,2B, \text{ что меньше допустимого (10кВ).}$$

Допустимое сопротивление заземлителя:

$$R_{z, \text{дон}} = \frac{8256,2}{3613} = 2,28 > 1,3 \quad R_z < R_{z, \text{дон}}$$

Напряжение прикосновения:

$$U_{np} = k'_n I_z R_z = 0,048 \times 3613 \times 1,3 = 225,5B, \text{ что меньше допустимого 400В.}$$

Определим наибольший допустимый ток, стекающий с заземлителей подстанции при однофазном КЗ:

$$I_{z, \text{max}} = \frac{U_{np, \text{дон}}}{k_n R_z} = \frac{400}{0,048 \times 1,3} = 6410A.$$

При больших токах необходимо снижение  $R_z$ , за счёт учащения сетки полос или дополнительных вертикальных заземлителей

## 2.2.5 Производственная санитария

Обеспечение санитарно-гигиенических условий труда для электротехнического персонала, в условиях неблагоприятного микроклимата

Воздух рабочей зоны (микроклимат) на открытых площадках определяют следующие параметры: температура воздуха (минимальная и максимальная), относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха и давление. Эти

параметры в комплексе и по отдельности влияют на организм человека, определяя его самочувствие.

Влияние параметров микроклимата на человека, а следовательно и меры по предотвращению или уменьшению этого влияния, определяются условиями труда.

В соответствии с руководством Р 2.2.2006-05 условия труда по степени вредности и опасности условно подразделяются на 4 класса: оптимальные, допустимые, вредные и опасные.

Оптимальные условия труда (1 класс) - условия, при которых сохраняется здоровье работника и создаются предпосылки для поддержания высокого уровня работоспособности.

Допустимые условия труда (2 класс) характеризуются такими уровнями факторов среды и трудового процесса, которые не превышают установленных гигиенических нормативов для рабочих мест, а возможные изменения функционального состояния организма восстанавливаются во время регламентированного отдыха и не оказывают неблагоприятного действия в ближайшем и отдаленном периоде на состояние здоровья работников и их потомство.

Вредные условия труда (3 класс) характеризуются наличием вредных факторов, уровни которых превышают гигиенические нормативы и оказывают неблагоприятное действие на организм работника или его потомство.

Вредные условия труда по степени превышения гигиенических нормативов и выраженности изменений в организме работников условно разделяют на 4 степени вредности:

- 1 степень 3 класса (3.1) - условия труда характеризуются такими отклонениями уровней вредных факторов от гигиенических нормативов, которые увеличивают риск повреждения здоровья;

- 2 степень 3 класса (3.2) - уровни вредных факторов, вызывающие стойкие функциональные изменения, приводящие в большинстве случаев к увеличению профессионально обусловленной заболеваемости, появлению начальных

признаков или легких форм профессиональных заболеваний, возникающих после продолжительной экспозиции (часто после 15 и более лет);

- 3 степень 3 класса (3.3) - условия труда, характеризующиеся такими уровнями факторов рабочей среды, воздействие которых приводит к развитию, профессиональных болезней легкой и средней степеней тяжести в периоде трудовой деятельности, росту хронической патологии;

- 4 степень 3 класса (3.4) - условия труда, при которых могут возникать тяжелые формы профессиональных заболеваний (с потерей общей трудоспособности), отмечается значительный рост числа хронических заболеваний и высокие уровни заболеваемости с временной утратой трудоспособности.

Опасные (экстремальные) условия труда (4 класс) характеризуются уровнями факторов рабочей среды, воздействие которых в течение рабочей смены (или ее части) создает угрозу для жизни, высокий риск развития острых профессиональных поражений, в т.ч. и тяжелых форм.

Определение класса условий труда по параметрам микроклимата при работе на открытой территории, осуществляется, в соответствии с руководством Р 2.2.2006-05, на основании следующих данных:

- температуры воздуха, °С;
- скорости ветра, м/с;
- категории выполняемой работы;
- наличие или отсутствие регламентированных перерывов в работе.

Работы, выполняемые электротехническим персоналом в процессе ремонта и обслуживания подстанций, относятся к категории Па - Пб (работы средней тяжести) ГОСТ 12.1.005-88.

К категории Па относятся работы, связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких (до 1 кг) изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие определенного физического напряжения.

К категории Пб относятся работы, связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением.

В ходе выполнения работ предусмотрены следующие перерывы в работе: обеденный перерыв, продолжительностью один час; перерыв на обогрев (не более чем через 2 часа пребывания на открытой территории в зимний период).

Таким образом, в соответствии руководством Р 2.2.2006-05, для работ категории Па - Пб, при наличии регламентированных перерывов в работе, класс условий труда электротехнического персонала, работающего на открытой территории следует оценить классом 3.2.

Так как условия труда класса 3.2 являются вредными, то в целях предот-1 вращения негативных влияний на организм человека следует применять следующие мероприятия по снижению неблагоприятного воздействия:

- регламентация продолжительности работы в неблагоприятной среде, а также общего режима труда (предоставление дополнительного отпуска, с использованием его для медицинской профилактики);

- применение средств индивидуальной защиты в соответствии с ГОСТ 29335-92 "Костюмы мужские для защиты от пониженных температур. Технические условия" и МР Минздрава России N 11-0/279-09 от 25 октября 2001 г. "Методические рекомендации по расчету теплоизоляции комплекта индивидуальных средств защиты работающих, от охлаждения.

Обеспечение санитарно-гигиенических условий труда для электротехнического персонала, в условиях воздействию электрического поля промышленной частоты

В процессе работы на подстанции электротехнический персонал подвергается отрицательному воздействию электрического поля промышленной частоты.

Нормы на предельно допустимые напряженности электрического поля (ЭП) для персонала установлены в СанПиН 2.2.4.1191 - 03:

- $E \geq 25$  кВ/м- пребывание в ЭП без средств защиты не допускается;
- $20 < E < 25$  кВ/м - время пребывания персонала в ЭП не должно превышать 10 минут;
- при  $5 < E \leq 20$  кВ/м допустимое время пребывания в ЭП определяется путем расчетов, но не более 3 часов без средств защиты.

-  $E \leq 5$  кВ/м пребывание в ЭП допускается в течение полного рабочего дня.

В целях уменьшения воздействия электрического поля на электротехнический персонал подстанций, следует применять организационные и технические мероприятия, направленные на снижение степени воздействия ЭП.

К организационным мероприятиям следует отнести: проведение периодических медицинских осмотров; проведение инструктажей, в том числе и непосредственно перед началом работ; применение средств индивидуальной защиты.

К техническим мероприятиям следует отнести: применение защитного заземления; использование стационарных и инвентарных экранирующих устройств; применение металлоконструкций открытых распределительных устройств из оцинкованных, алюминированных или алюминиевых элементов (ГОСТ 12.1.002-84).

Обеспечение санитарно-гигиенических условий труда для электротехнического персонала, в условиях превышения уровней шума

Шум - это беспорядочное сочетание звуков различной частоты и интенсивности, возникающих при механических колебаниях в твердых, жидких и газообразных средах. Шум отрицательно влияет на организм человека, и в первую очередь на его центральную нервную и сердечно-сосудистую системы, приводит к появлению профессиональных заболеваний. Источниками производственного шума являются машины и оборудование, в данном случае трансформаторы. Допустимый уровень шумов регламентируется ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности» и СНиП 11-12-77 «Нормы проектирования. Допустимый уровень звукового давления на рабочих местах в производственных помещениях». Согласно ГОСТ 12.1.003-83 уровни звука в рабочих зонах не должны превышать 80 дБ. В соответствии с ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ для снижения шума применяют следующие методы: уменьшение в источнике; изменение направленности излучения; уменьшение шума на пути его распространения.

Когда практически невозможно уменьшить шум до допустимых величин общетехническими мероприятиями, используют средства индивидуальной защиты.



К этим средствам относятся:

- вкладыши - мягкие тампоны из ультратонкого волокна. Снижение шума 5... 20 дБ;
- наушники - при воздействии шумов с высокими уровнями (более 120 дБ);
- шлемы - применяют, когда вкладыши и наушники не обеспечивают необходимой защиты.

### 2.2.6 Пожарная безопасность

Пожарная и взрывная безопасность - это система организационных и технических средств, направленных на профилактику и ликвидацию пожаров и взрывов, ограничение их последствий.

Пожары представляют большую опасность для людей и могут причинить огромный материальный ущерб. Основной причиной пожара на рассматриваемом подстанции является неисправность электрооборудования, короткое замыкание, нагрев проводов и загорание изоляции и неосторожное обращение с огнем. Основы противопожарной защиты предприятий определены ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования» и Правилами пожарной безопасности ППБ 01-02-95 РД153-34.0-03.301-00.

Мероприятия по пожарной профилактике разделяются на организационные, технические, режимные и эксплуатационные.

Организационные мероприятия предусматривают правильную эксплуатацию электрооборудования, правильное содержание здания, территории, противопожарный инструктаж рабочих и т. д. В соответствии с действующим законодательством ответственность за противопожарное состояние энергетических предприятий возлагается на руководителей этих предприятий.

К техническим мероприятиям относятся: соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании, при устройстве электроприборов освещения и оборудования.

Мероприятия режимного характера - запрещение курения в неустановленных местах, сварочных и других работ в пожароопасных местах и т. д.

Эксплуатационные мероприятия являются своевременные профилактические осмотры, ремонты и испытание технологического оборудования (электроустановок, изоляции и т. д.).

Согласно общероссийских норм технологического проектирования ОНТП 24-96 МВД РФ помещения и здания по пожаровзрывной и пожарной опасности классифицируются на категории А, Б, В, Г и Д. Так как территория подстанции по степени пожаровзрывоопасности относится к категории "Д" и П

огнестойкости, то необходимо предусмотреть ряд профилактических мероприятий технического, эксплуатационного и организационного плана.

При загорании электроустановок необходимо в первую очередь позвонить в пожарную службу по телефону 01, предотвратить доступ электрического тока к электроустановкам, где произошло возгорание, по возможности сообщить руководству и приступить к тушению пожара с помощью первичных средств пожаротушения. Из средств пожаротушения желательно применять локализованные средства: воздушно - механическую пену высокой плотности, а также инертные газообразные разбавители.

На подстанциях применяются ручные огнетушители. С их помощью можно быстро ликвидировать очаг загорания или локализовать огонь до прибытия пожарной команды.

Ручные углекислотные огнетушители типа ОУ-2, ОУ-5 и ОУ-8 емкостью соответственно 2,5; 5 и 8 л предназначены для тушения небольших загораний всех видов. Порошковый огнетушитель типа ОПС-10 наполнен в качестве огнетушащего средства сухим порошком, предназначен для тушения небольших очагов загорания щелочных металлов, тушение которых водой не допускается. Широко распространен огнетушитель типа ОХП-10, огнетушащее вещество которого образуется в виде химической пены.

Если горящая электроустановка не отключена и находится под напряжением, то тушение ее представляет опасность поражения электрическим током. Как правило, тушить ручными средствами пожар электрооборудования следует при снятом с него напряжении. Тушение пожаров компактными и распыленными водяными струями без снятия напряжения с электроустановок допускается только в открытых для обзора ствольщика электроустановках, в том числе горящих кабелей при номинальном напряжении до 10 кВ. При этом ствол должен быть заземлен, а ствольщик — работать в диэлектрических ботах и перчатках и находиться на расстоянии от очага не менее 4,5 м. При этом применение морской и сильно загрязненной воды не допускается.

### 3.6 Охрана окружающей среды

Подстанция оказывает существенное влияние на окружающую среду. Это взаимодействие с природой осуществляется путем выбросов в атмосферу вредных веществ и выброс сточных вод.

К мероприятиям по сохранению чистоты атмосферы относятся: применение комбинированной выработки электроэнергии, обеспечение современных методов сжигания, очистка и выброс газов в высокие слои атмосферы, правильная подборка и совершенствование электрофильтров.

Мероприятия по улучшению использования водных ресурсов: совершенствование технологических процессов и разработка новых; отказ от применения воды там, где это возможно в технологических процессах.

#### 2.2.7 Чрезвычайные ситуации

Чрезвычайная ситуация (ЧС) - состояние, при котором в результате возникновения источника чрезвычайной ситуации на объекте, определённой территории или акватории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и окружающей природной среде.

Под источником чрезвычайной ситуации понимают опасное природное явление, аварию или опасное техногенное происшествие, широко распространённую инфекционную болезнь людей, сельскохозяйственных животных и растений, а также применение современных средств поражения, в результате чего произошла или может возникнуть чрезвычайная ситуация (ГОСТ Р.22.0.02-94).

Основными причинами возникновения ЧС могут быть:

- 1) результат стихийных бедствий и особо опасных инфекций;
- 2) воздействие внешних природных факторов, приводящих к старению или коррозии металлов, конструкций, сооружений и снижение их физико-механических показателей;
- 3) проектно-производственные дефекты сооружений (ошибки при изысканиях и проектировании, плохое качество строительных материалов и конструкций, нарушения в технологии изготовления и строительства);

- 4) воздействия технологических процессов промышленного производства на материалы сооружений (нагрузки, высокие температуры, вибрация);
- 5) нарушение правил эксплуатации сооружений;
- 6) нарушение правил техники безопасности при ведении работ;
- 7) ошибки, связанные с низким уровнем профессиональной подготовки рабочих и их некомпетентностью и безответственностью.

Согласно ГОСТ Р 22.8.01-96 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Ликвидация чрезвычайных ситуаций. Общие требования», Федеральным законом: «О защите населения от ЧС природного и техногенного характера», повышение устойчивости функционирования объектов в ЧС заключается в заблаговременной разработке и осуществлении комплекса инженерно-технических мероприятий, организационных и экономических, направленных:

- на предотвращение производственных аварий и катастроф; средств поражения, от вторичных факторов и стихийных бедствий;
- на создание условий для восстановления нарушенного производства в минимальные сроки;
- на обеспечение жизнедеятельности населения.

Надежная защита работающих является важнейшей задачей повышения устойчивости работы любого предприятия.

Важнейшим элементом подготовки к защите является обучение работающих умелому применению средств и способов защиты в условиях ЧС.

Здания и сооружения на предприятии необходимо размещать рассредоточено. Между зданиями должны быть противопожарные разрывы шириной не менее суммарной высоты двух соседних зданий.

Само оборудование должно располагаться под специальными устройствами в виде кожухов, шатров, зонтов, защищающих его от повреждения обломками разрушающихся конструкций. Кроме того, оборудование должно быть прочно закреплено на фундаменте болтами. Целесообразно также размещать наиболее ценное оборудование в отдельно стоящих зданиях павильонного типа.

Для повышения устойчивости систем электроснабжения

электроэнергии должна поступать с двух направлений, а при питании с одного направления необходимо предусмотреть автономный (аварийный) источник, например, передвижную электростанцию.

### 3. Экономическая часть

Для подключения новых потребителей, а также для расширения и существующих объектов, необходимо затратить материальные, трудовые, а также денежные ресурсы.

Совокупность этих затрат составляют капитальные вложения. Капитальные вложения включают в себя затраты на проектные и подготовительные работы, стоимость оборудования, стоимость монтажа и демонтажа, заработная плата основных и дополнительных работников, а также транспортные расходы.

Немаловажную роль играет и то, что некоторое оборудование подстанции морально устарело.

Исходя из выше перечисленного, можно сделать вывод, что необходима реконструкция подстанции с установкой вакуумных выключателей 110 кВ, 35кВ и 6кВ.

### 3.1 Расчет трудоёмкости этапов

Наиболее ответственной частью экономических расчетов по теме является расчет трудоемкости работ, так как трудовые затраты составляют основную часть стоимости .

Расчет трудоемкости осуществляется двумя методами: техэкономическим и опытно-статистическим.

В настоящее время для определения ожидаемого значения продолжительности работ  $t_{ож}$  применяют вариант основанный на использовании двух оценок  $t_{max}$  и  $t_{min}$ .

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5}$$

где:  $t_{min}$  - трудоемкость выполнения заданной работы;  $t_{max}$  - максимальная трудоемкость, рекомендованный руководителем.

Для установления продолжительности работы в рабочих днях используем следующую формулу:

$$T_э = \frac{t_{ож}}{N \cdot P} \cdot K_d$$

где:  $t_{ож}$ — ожидаемая трудоемкость выполнения работы; N — количество исполнителей (N=2); P— число смен (P=1);  $K_d$ — коэффициент, учитывающий дополнительное время для консультаций и т. п. ( $K_d=1.2 \div 1.25$ ).

Для удобства построения линейного графика выполнения работ, длительность этапов в рабочих днях переведем в календарные дни:

$$K = \frac{P_{год}}{P_{раб}} = \frac{365}{227} = 1.61$$

где: K— поправочный коэффициент;  $P_{год}$ — количество дней в году;  $P_{раб}$ — количество рабочих дней.

Данные расчетов и этапы проведения работы занесем в таблицу 18 и построим линейный график рисунок в таблице 19.

Удельное значение каждого этапа в процентах определяется по формуле:



$$Y_i = \frac{T_{\text{э}i}}{T_{\text{э}}} \cdot 100\%$$

где:  $Y_i$ – удельное значение этапа в %;  $T_{\text{э}i}$ – трудоемкость этапа;  $T_{\text{э}}$ – суммарная трудоемкость.

Наращение технической готовности рассчитывается по формуле:

$$\Gamma_i = \frac{T_{\text{н}}}{T_{\text{э}}} \cdot 100\%$$

где:  $\Gamma_i$ – нарастание технической готовности  $i$ –го этапа;  $T_{\text{н}}$  - нарастающая трудоемкость с начала работы  $i$  –го этапа.

Таблица 18

Этапы		1		2					3	Итого
Подэтапы		1	2	3	4	5	6	7	8	
$T_{\text{min}}$ , Ч.-д.		1	6	4	16	14	14	9	10	
$T_{\text{max}}$ , Ч.-д.		4	8	6	21	18	17	12	15	
$T_{\text{ож.}}$ , Ч.-д.		2,2	6,8	10,8	18	15,6	15,2	10,2	12	
$T_{\text{э}}$ ,Раб.дн.	Руковод.	1.32	-	6,48	10,8	-	-	-	-	18,6
	Инженер	1.32	8,16	6,48	10,8	18,72	18,24	12,24	14,4	90,36
$T_{\text{э}}$ ,Кален.дн.	Руковод.	1	-	7	17	-	-	-	-	25
	Инженер	1	13	7	17	30	29	19	22	138

Таблица 19

Этапы	Под- этапы	Содержание работ	Тэ, Кал. дн	Ув, %	Г%	Время выполнения работы													
						10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
1	1	Получение и анализ задания	1	1,7	1,7														
	2	Подбор и изучение литературы	13	9,42	10,1														
2	3	Разработка структурной и кинематической схем	7	5,07	15,2														
	4	Расчет параметров дробилки	17	12,32	27,5														
	5	Разработка конструкции системы	30	21,74	49,2														
	6	Изготовление рабочих чертежей	29	21,01	70,3														
	7	Проектирование тех процесса сборки дробилки	19	13,77	84,1														
3	8	Оформление отчетной документации о проделанной работе	22	15,94	100														

--

### 3.2 Технико-экономические расчеты

Расчет приведенных затрат :

Отчисления от капитальных вложений

$$(E_n + p_\Sigma)K$$

где  $E_n$  – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений (0,15 о.е./год);  $p_\Sigma$  – отчисления на амортизацию и обслуживание (0,028 о.е./год);  $K$  – капиталовложения на сооружение линий и подстанций.

$$(0,15 + 0,028) \cdot 11900 \cdot 44,5 = 94259,9 \text{ руб.}$$

Стоимость потерь энергии.

$$c_{\Delta \mathcal{E}_\text{л}} = 3 \cdot I^2 \cdot R \cdot \tau \cdot c_\tau \cdot 10^{-3}, \text{ руб./год}$$

где  $I$  – максимальный ток в линии, А;  $R$  – активное сопротивление линии, Ом;  $\tau$  – время максимальных потерь, ч/год;  $c_\tau$  – стоимость 1 кВт\*ч потерь энергии по замыкающим затратам, руб/(кВт\*ч)

$$I = S / (\sqrt{3} \cdot U) = \frac{40000}{\sqrt{3} \cdot 110} = 209 \text{ А}$$

$$\text{Тогда : } c_{\Delta \mathcal{E}_\text{л}} = 3 \cdot 209^2 \cdot 0,075 \cdot 44,5 \cdot 3000 \cdot 2,4 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-3} = 31489,6 \text{ руб./год}$$

Ущерб от перерыва электроснабжения.

$$Y_{\text{нд}} = y_0 \cdot \mathcal{E}_{\text{нд}},$$

где  $y_0$  – удельный ущерб от недоотпуска электроэнергии, руб/(кВт\*ч) =  $0,6 \div 0,85$ ;  $\mathcal{E}_{\text{нд}}$  – энергия недоотпущенная в год из-за отключения потребителей,

$$\mathcal{E}_{\text{нд}} = T_\Sigma \cdot \mathcal{E}_{\text{год}} / 8760.$$

Здесь  $\mathcal{E}_{\text{год}}$  – энергия, полученная потребителем за год кВт\*ч/год;  $T_\Sigma$  – время простоя = 26,77

$$\mathcal{E}_{\text{нд}} = 26,77 \cdot 2391400 / 8760 = 7307,9 \text{ кВт*ч/год}$$

$$\text{Тогда : } Y_{\text{нд}} = 0,7 \cdot 7307,9 = 5115,53$$

Таким образом, приведенные затраты :

$$Z = (E_n + p_\Sigma) \cdot K + c_{\Delta \mathcal{E}_\text{л}} + Y_{\text{нд}} = 94259,9 + 31489,6 + 5115,53 = 130865,03 \text{ руб/год}$$

Расчет капиталовложений.

Капиталовложения на реконструкцию определяются по формуле:

$$K_{\text{рек}} = K_{\text{н}} - K_{\text{возвр}} + K_{\text{дем}}, \text{ руб.}$$

где  $K_{\text{н}}$  – капиталовложения в новое оборудование, руб;

$K_{\text{возвр}}$  – возвратная стоимость ремонтируемого оборудования, которое может быть использовано на других объектах, руб;

$K_{\text{дем}}$  – стоимость демонтажа оборудования (принимается 0,5 стоимости его монтажа), руб.

Для начала расчетов этого раздела составим спецификации на устанавливаемое и демонтируемое оборудование.

Таблица 20

№ п/п	Наименование оборудования	Единица измерения	Коли- чество, шт.	Марка
1	2	3	4	5
1	Вакуумный выключатель 110кВ	компл.	3	ВВК-110Б-25
2	Вакуумный выключатель 10кВ	компл.	2	ВВ/Tel12,5-20
3	Изолятор натяжной		1218	ПС-70Е
4	Изолятор подвесной		966	ПС-70Е

Таблица 21

№ п/п	Наименование оборудования	Единица измерения	Коли- чество, шт.	Марка
1	Выключатель 110кВ	компл.	9	МКП-110/1000
2	Выключатель 10кВ	компл.	27	ВМПЭ-10
3	Изолятор 110кВ		2184	ПС-70Е

Составим смету на приобретение и монтаж электрооборудования.

Таблица 22

№ п/п	Наименование оборудования	Марка, тип	Количество шт.	Составляющие капиталовложений на единицу оборудования, руб.		Общие капитало- вложения, руб.
				$K_{об}$	$K_{мон}$ т	
1.	Вакуумный выключатель 110кВ	ВВК- 110Б	9	7300000	730000	8030000
2.	Вакуумный выключатель 10кВ	ВВ/Tel 12,5-20	27	500000	50000	550000
3.	Изолятор натяжной	ПС-70Е	1218	330	33	363
4.	Изолятор подвесной	ПС-70Е	966	230	23	253
Итого:						9240616

Капиталовложения на приобретение и монтаж электрооборудования составили 9240616 руб.

Определим затраты на демонтаж старого оборудования.

$$K_{дем} = 0,5 \cdot K_{монт},$$

где  $K_{монт}$  – затраты на монтаж оборудования, руб.

Общие затраты на демонтаж  $K_{дем}=420028$ руб

Демонтируемое оборудование будет частично разобрано на части, частично реализовано. В этом случае  $K_{возвр}=565000$  руб.

Определяем общие капиталовложения на реконструкцию.

$$K_{рек} = 9240616 - 565000 + 420028 = 9095644 \text{ руб.}$$

К годовым эксплуатационным издержкам относят все расходы, связанные с поддержанием электрических сетей в нормальном техническом состоянии. Годовые эксплуатационные затраты определяются по формуле:

$$I = I_{ам} + I_{тр.обсл} + I_{пот},$$

где  $I_{ам}$  – амортизационные отчисления, руб/год;

$I_{тр.обсл}$  – затраты на текущий ремонт и обслуживание, руб/год;

$I_{пот}$  – затраты на компенсацию потерь электроэнергии, руб/год.

Размеры амортизационных отчислений и отчислений на текущий ремонт и обслуживание определяются по формуле:

$$I_{ам} = K_{рек} \cdot \frac{\alpha_{ам}}{100}, \text{ руб}$$

$$I_{тр.обсл} = K_{рек} \cdot \frac{\alpha_{тр.обсл}}{100}, \text{ руб.}$$

где  $\alpha_{ам}$  – норма амортизационных отчислений, %;

$\alpha_{тр.обсл}$  – норма отчислений на текущий ремонт и обслуживание, %.

Определяем амортизационные отчисления и отчисления на текущий ремонт и обслуживание.

$$I_{ам} = 9240616 \cdot \frac{3,5}{100} = 323421,56 \text{ руб.}$$

$$I_{тр.обсл} = 9240616 \cdot \frac{3}{100} = 277218,48 \text{ руб.}$$

Затраты на компенсацию потерь определяются по формуле

$$I_{пот} = C \cdot \Sigma_{пот}, \text{ руб.}$$

где  $C$  – тариф на электроэнергию, руб/кВт·ч;

$\Sigma_{пот}$  – суммарные потери электроэнергии на подстанции, кВт·ч.

Определяем затраты на компенсацию потерь.

$$I_{пот} = 1,47 \cdot 63602,089 = 93495,071 \text{ руб.}$$

Определяем годовые эксплуатационные затраты.

$$I = 323421,56 + 277218,48 + 93495,071 = 694135,111 \text{ руб.}$$

### 3.3 Разработка смет на строительство и реконструкцию энергетических объектов

Проектирование объектов строительства электрических сетей сельскохозяйственного назначения осуществляется, как правило, в одну стадию. Сметная стоимость электросетевых объектов в сводных сметных расчетах при одностадийном проектировании определяется по сметам, составленным по действующим прейскурантам, обеспечивающим необходимую точность подсчета и сокращение объема сметной документации. Когда при составлении смет не могут быть использованы прейскуранты на строительство электросетевых объектов или другие укрупненные нормативы, для определения стоимости применяются районные единичные расценки на строительные конструкции и работы и расценки на монтаж оборудования.,

Сметная документация при одностадийном проектировании разрабатывается в составе:

- сводного сметного расчета с пояснительной запиской; объектных и локальных смет;

- смет на проектные и изыскательские работы;

- ведомости сметной стоимости строительства объектов, входящих в пусковой комплекс, и ведомости сметной стоимости товарной строительной продукции.

Сметная стоимость является основой для финансирования строительства, расчетов за выполненные строительно-монтажные работы (товарную продукцию), оплаты расходов на приобретение оборудования и доставки его на стройки, а также возмещения других затрат за счет средств, предусмотренных сводным сметным расчетом.

На основе сметной документации осуществляются также учет и отчетность, хозяйственный расчет и оценка деятельности строительно-монтажных организаций и заказчиков. Исходя из сметной стоимости



строительства определяется в установленном порядке балансовая стоимость вводимых в действие основных фондов построенных объектов.

В связи с этим приобретает особую важность правильность определения сметной стоимости строительства. Выдвигается требование, с одной стороны, обеспечить экономию государственных средств, не допуская включения в смету необоснованных излишних расходов, и, с другой стороны, полностью учесть все действительно необходимые затраты по сооружению данного объекта.

В строительстве наибольшее приближение цены к общественно необходимым затратам труда зависит от правильного определения количества строительных и монтажных работ, подлежащих выполнению для производства строительной продукции, экономически обоснованных сметных норм и правильного определения сметной цены (стоимости) единицы измерения различных видов строительных и монтажных работ.

Следовательно, совершенствование ценообразования в строительстве достигается путем решения двух задач:

значительного совершенствования проектного дела и на этой основе повышения качества, обоснованности и экономичности проектов;

совершенствования сметного дела - улучшения системы сметных цен, повышения научного уровня сметного нормирования и определения сметной стоимости с использованием ЭВМ.

Сметная стоимость капитального строительства определяется на основе:

сметных норм на строительные и монтажные работы, отражающих современный уровень техники, технологии и организации строительного производства, обеспечивающих возмещение общественно необходимых затрат в строительстве и направленных на снижение сметной стоимости строительства;

оптовых цен на промышленную продукцию и тарифов на электрическую и тепловую энергию, а также тарифов на грузовые перевозки

норм и тарифных ставок по оплате труда рабочих в строительстве  
размеров наценок снабженческо-сбытовых организаций.

норм амортизационных отчислений.

норм накладных расходов и плановых накоплений в строительстве, и  
учитывающих совершенствование управления строительством, а также  
тарифы взносов на государственное социальное страхование,

Обобщение данных пересчета смет в связи с переходом на новые  
сметные нормы, и цены в строительстве показало, что сметная стоимость  
строительно-монтажных работ, а также стоимость оборудования по объектам  
электросетевого строительства сельскохозяйственного назначения в среднем  
по стране существенно изменились

В сметную стоимость строительства включаются следующие группы  
затрат:

на строительные работы;

на работы по монтажу оборудования;

на приобретение оборудования, приспособлений, инструмента и  
производственного инвентаря, необходимых для ввода в эксплуатацию  
строящегося объекта;

прочие затраты, связанные с осуществлением строительства, которые  
не могут быть отнесены к первым трем их видам.

Относительный размер каждой группы затрат в сметной стоимости  
строительства может изменяться в зависимости от характера и условий  
строительства объектов.

При сооружении электрических сетей; сельскохозяйственного  
назначения к строительным работам относятся:

полный комплекс работ, связанный со строительством воздушных и  
кабельных линий электропередачи независимо от вида используемых при  
определении сметной стоимости сметных нормативов и порядка начисления  
накладных расходов;

при сооружении трансформаторных подстанций: земляные работы,

установка фундаментов и опорных конструкций под оборудование, устройство кабельных каналов, возведение зданий и другие работы, сметная стоимость которых определяется по Сборникам единых районных единичных расценок на строительные конструкции и работы.

В стоимость строительных работ включаются затраты на временные здания и сооружения, а также дополнительные расходы, связанные с производством строительных работ в зимнее время.

К монтажным работам при сооружении трансформаторных подстанций относятся:

сборка и установка электрооборудования; монтаж сборных шин и спусков к оборудованию; прокладка силовых и контрольных кабелей; монтаж средства связи и телемеханики; другие работы, сметная стоимость которых определяется по сборникам расценок на монтаж оборудования.

В стоимость монтажных работ включаются затраты на временные здания и сооружения, а также дополнительные расходы, связанные с производством монтажных работ в зимнее время.

При определении затрат на приобретение оборудования для электрических сетей сельскохозяйственного назначения к основному оборудованию относятся комплектные трансформаторные подстанции, трансформаторы, выключатели, разъединители, отделители, короткозамыкатели, разрядники, высоковольтные изоляторы, комплектные распределительные устройства, шкафы релейной защиты, аппаратура связи и телемеханики

К оборудованию следует также относить конструкции и устройства, отсутствующие в перечнях Материальных ресурсов, приведенных в технических частях, вводных указаниях или приложениях к соответствующему Сборнику расценок на монтаж оборудования.

К затратам на приобретение оборудования, относятся расходы по оплате и доставке его на строительную площадку.

К прочим затратам, связанным с осуществлением строительства,

относятся затраты:

по отводу земельных участков для строительства; на возмещение государственным, кооперативным (в том числе колхозным) и общественным предприятиям и организациям, а также колхозникам и другим частным лицам стоимости отчуждаемых у них строений и сооружений, мешающих строительству электрических сетей;

на возмещение потерь сельскохозяйственного производства при отводе земель в постоянное пользование;

на возмещение стоимости незавершенного производства, а в отдельных случаях и стоимости сельскохозяйственных культур при временном занятии земельных участков под строительство;

на производственный пикетаж (вынос трасс ВЛ в натуру) ;

дополнительные, связанные с аккордной оплатой труда; на премирование за реконструкцию и техническое перевооружение действующих электрических сетей;

на возмещение затрат подрядных организаций, связанных с выплатой единовременного вознаграждения за выслугу лет;

■ дополнительные, связанные с подвижным характером работ;

на выплату надбавок за работу в районах Крайнего Севера и в местностях, приравненных к районам Крайнего Севера;

на возмещение затрат, связанных с дополнительными отпусками работников строительных организаций за непрерывный стаж работы;

разница в стоимости авиатранспорта и обычного транспорта (железнодорожного, водного и автомобильного) по доставке материалов, конструкций и оборудования для строительства электросетевых объектов;

на образование аварийного запаса материалов; на переезд строительных механизмов к месту работы и обратно;

на проектно-изыскательские работы;

другие не перечисленные затраты, не включаемые в стоимость строительных и монтажных работ, а также в стоимость оборудования.

Предусматриваемые в локальных сметах затраты на производство строительно-монтажных работ подразделяются на две группы - прямые затраты и накладные расходы. Кроме того, в сметную стоимость работ входят плановые накопления (нормативная прибыль строительных и монтажных организаций), определяемые в процентах общей суммы прямых затрат и накладных расходов.

В составе прямых затрат входят основная заработная плата рабочих, расходы по эксплуатации машин и стоимость материалов, определяемые в установленном порядке.

## **Заключение**

Проект выполнен в соответствии с требованиями ПУЭ, «Реконструкциями по техническому проектированию подстанций переменного тока с высшим напряжением 35-750 кВ, ГОСТ 21.613-88».

Подстанция предназначена для приема, преобразования и распределения электрической энергии трехфазного переменного тока частотой 50 Гц и используется для электроснабжения электроприемников.

Подстанция размещается в районе, попадающем в зону влияния промышленных и природных источников загрязнения. Уровень изоляции оборудования ОРУ выбран в соответствии с требованиями главы 1.9 ПУЭ-2005 и с учетом степеней загрязнения по ГОСТ 9920. Изоляция оборудования КТП соответствует категории А11 по ГОСТ 15543.1-89.

Подстанция рассчитана на восприятие максимальных ветровых нагрузок, соответствующих 4 климатическому району по ветру и гололедных нагрузок, соответствующих 4 району по гололеду, а так же совместного воздействия климатических факторов в сочетаниях, соответствующих ПУЭ.

Наружное ограждение подстанции выполнено из бетонных панелей, устанавливаемых по металлическим трубам-стойкам с шагом 3 м.

## **Список использованной литературы.**

1. Правила устройства электроустановок. –( 6-е изд. переработанное и дополненное с изменениями). Санк-Петербург 2001г.
2. Безопасность жизнедеятельности/Под ред. С.В. Белова.- М.: Высшая школа, 1999.- 430 с.
3. Безопасность жизнедеятельности: Учеб.пособие для вузов/Под ред. проф. Л. А. Муравья. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2002-431 с.
4. Борисова Л.М., Германович Е.А. Экономика энергетики: учеб.пособие.– Томск: Изд-во ТПУ, 2005. – 208 с.
5. Бошнякович А.Д. Механический расчет проводов и тросов линий электропередачи. – Ленинградское отделение: Энергия, 1971.- 305 с.
6. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. – М.: Энергоатомиздат, 1984.- 824 с.
7. Егоров П.Т., Шляхов И.А., Алабин Н.И. Гражданская оборона.– М.: Высшая школа, 1977.- 395с.
8. Еремин В.Г., Сафронов В.В., Схиртладзе А.Г., Харламов Г.А. Обеспечение безопасности жизнедеятельности в машиностроении. Учебное пособие для вузов. 2-е изд., перераб. и доп.-М.: Машиностроение, 2002.- 400 с.
9. Идельчик В.И. Электрические системы и сети: учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1989. - 592 с.
10. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок (с изменениями и дополнениями). – СПб.: Издательство ДЕАН, 2004.-208 с.
11. Мельников Н.А. Электрические сети и системы. Учеб.пособие для вузов. Изд. 2-е, стереотип. М., «Энергия», 1975
12. Методические указания к выполнению контрольного задания по дисциплине «Проектирование электроэнергетических сетей и систем» для

студентов ИДО по специальности 140205. – Электроэнергетические системы и сети. – Томск: изд. ТПУ, 2004. – 28 с.

13. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учебное пособие для вузов- 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1989.-608 с.

14. Организация, планирование и управление энергетическим предприятием. Учебник для энергетических специальных ВУЗов/С.Л. Прузнер, А.Н. Златопольский, В.Г. Журавлев. – М.: Высшая Школа., 1981 – 432с., ил.

15. Охрана труда в электроустановках: Учебник для ВУЗов/ Под ред. Б.А. Князевского. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1983 – 336с.; ил.

16. Поспелов Г.Е., В.Т. Федин В. Т. - Электрические системы и сети. - 2-е издание, исправленное и дополнительное, Минск.: «Высшая школа». -1988

17. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. - СПб.: Изд-во ДЕАН, 2003.-304 с.

18. Правила устройства электроустановок. - 7-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 2003.- 649 с.

19. Расчет искусственного освещения. Методические указания по выполнению индивидуальных заданий по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» для студентов всех специальностей. - Томск : Изд. ТПУ, 1997 – 28с.

20. Рожкова Л.Д., Козулин В.С. Электрооборудование станций и подстанций: Учебник для техникумов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М: Энергоатомиздат, 1987.–648 с.

21. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования/Под ред. БД. Неклепаева. -М: Изд-воНЦЭНАС, 2000. -152с.



22. Синьчугов Ф.И. Расчет надежности схем электрических соединений. М., «Энергия», 1971г.
23. Справочник по проектированию электроэнергетических систем под ред. С.С. Рокотяна и И.М.Шапиро, - М.: Энергоатомиздат, 1997.– 348 с.
24. Справочник по технике безопасности/ Долин П.А. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1984 – 824с., ил.
25. Справочник по электрическим установкам высокого напряжения/ С.А.Бажанов, И.С. Батхон, И.А. Баумштейн и др.; Под ред. И.А. Баумштейна и М.В. Хомякова. – 2-е изд., прераб. и доп. – М.: Энергоиздат, 1981. – 656 с.
26. Справочник по проектированию электроснабжения под редакцией Ю. Г. Барыбина, М.: Энергоатомиздат, 1990.
- 27.Федоров А.А., Старкова Л.Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий: - М.: Энергоатомиздат, 1987.
- 28.Справочник по электроснабжения промышленных предприятий. Под редакцией А.А.Федорова - М.: Энергия,1980.
- 29.Нормы технологического проектирования электроснабжения промышленных предприятий – М: НТПЭПП, 1994.
- 30.Пименов О.К. Справочник ППР энергетического оборудования – М.: Металлургия, 1985.
- 31.Руководящие указания по релейной защите трансформаторов.13А- М: Энергоатомиздат, 1983.
- 32.Афанасьев Н.А., Юсипов И.В. Системы технического обслуживания и ремонтаоборудования энергохозяйства промышленных предприятий – М.: Энергоиздат, 1989.
- 33.Технический каталог ЗАО «Евроконтракт» , М:,2003.
- 34.Технический каталог ЗАО «Таврида электрик».К:2001.

